

## REZUMAT

Teza de abilitare intitulată ”Modelarea, testarea și evaluarea materialelor energetice integrate în sisteme balistice” prezintă principalele realizări în domeniul cercetărilor teoretice, experimentale și aplicative, întreprinse după obținerea titlului de *doctor inginer* în domeniul inginerie mecanică, prin susținerea tezei ”Contribuții la studiul performanțelor sistemelor balistice de calibru mic, cu sisteme de gestiune a bazelor de date și sisteme expert” la Academia Tehnică Militară, în anul 2005.

Lucrarea este structurată pe două părți: A. Rezumat și B. ”Realizări științifice și profesionale”, fiind împărțită la rândul ei în trei secțiuni. Prima secțiune, B1, denumită realizări profesionale, științifice și academice prezintă în capitolul 1 activitatea științifică, de cercetare, activitatea didactică și experiența managerială a autorului. Capitolele 2, 3 și 4 sunt dedicate descrierii principalelor direcții de cercetare întreprinse de autor.

În capitolul 1 se prezintă în mod documentat realizările profesionale concretizate în proiecte de cercetare științifică și în publicații cotate ISI, în reviste de specialitate și la conferințe, care probează originalitatea și relevanța contribuțiilor academice, științifice și profesionale, aspecte privind participarea la dezvoltarea de programe de studii și activitatea didactică precum și activități referitoare la vizibilitatea și impactul cercetării științifice, pe plan național și internațional precum și la nivelul organismelor de coordonare a cercetării științifice din cadrul NATO-STO (Science and Technology Organisation) și la European Defense Agency.

Prima direcție de cercetare cuprinde realizări în domeniul sistemelor integrate de armament, cu orientare cu precădere asupra abordării sistemice a ansamblului armă-muniție-încărcătură de azvârlire și a balisticii terminale, reprezentând o continuare a studiilor și cercetărilor desfășurate în cadrul tezei de doctorat.

Pentru o abordare integrată a sistemului de armament, sunt prezentate metode de testare evaluare și rezultate obținute prin derularea proiectelor de cercetare și proceduri implementate și acreditate la dezvoltarea laboratoarelor de specialitate din Academia Tehnică Militară. Un pas important realizat ca urmare a derulării proiectelor se referă la proiectarea și realizarea unui stand inovativ de testare ce conține o armă special adaptată pentru a permite evaluarea parametrilor de balistica interioară și a funcționării în regim de trageri reale pentru determinarea caracteristicilor de performanță și siguranță ale sistemului armă muniție.

Sunt prezentate modelări care redau cu fidelitate procesele și fenomenele care au loc în timpul funcționării sistemului balistic și simulării referitoare la influența regimului dinamic asupra cinematicii armelor dar și asupra comportamentului materialelor, în funcție de energia transmisă

sistemului, ca urmare a descompunerii materialelor energetice. Energia furnizată și forțele care apar influențează balistica interioară, exterioară dar și balistica terminală, rezultând o mare varietate de comportamente și deformări la sollicitările dinamice, care sunt puse în evidență prin teste dinamice sau prin trageri reale conform standardelor de testare NATO.

A doua direcție de cercetare este reprezentată de studiul propulsanților pentru rachete.

Sunt propuse soluții pentru obținerea și caracterizarea din punct de vedere al siguranței și al performanței a unor clase de materiale energetice de nouă generație, destinate dezvoltării sistemelor propulsive. Rezultatele cercetărilor referitoare la sistemele propulsive și a materialelor energetice studiate în urma activității de cercetare științifică vor putea fi utilizate în sisteme „dual-use”, în vederea realizării unor încărcături de propulsie pentru rachete cu destinație militară nou dezvoltate, a celor aflate în înzestrare ale căror resursă tehnică s-a încheiat sau se apropie de finalizare cât și pentru rachete antigrindină, boosteri utilizați la rachetele spațiale, lansatori pentru sonde meteo sau alte sisteme cu destinație civilă.

Optimizarea performanțelor motoarelor rachetă a fost realizată prin simulări complexe asistate de calculator, trageri pe bancul de testare al motoarelor rachetă și metode experimentale pentru determinarea caracteristicilor mecanice și balistice, respectiv forța de tracțiune, rezistența la rupere a combustibililor, duritatea, modulul de elasticitate, impulsul total al motorului și impulsul specific al combustibililor. Obținerea acestor caracteristici s-a efectuat în funcție de combustibilul utilizat și introducerea anumitor componente în rețelele acestora cât și în funcție de valorile marimilor rezultate prin modelarea unor fenomene complexe care se desfășoară la temperaturi mari referitoare la combustie, propagarea frontului de ardere, stabilitatea/instabilitatea arderii, variația geometrică a suprafeței de ardere, stările de tensiuni și deformații din combustibil.

A treia direcție de cercetare, denumită în această lucrare „Modelarea, testarea și evaluarea sistemelor explozive neconvenționale” prezintă activitatea de cercetare întreprinsă pentru validarea unor sisteme cu aplicație specială, în domeniul luptei antiteroriste sau al protecției la explozie.

În acest scop, sunt prezentate modele și rezultate experimentale ale modelării și testării unor sisteme explozive aerodisperse, cu utilizare în neutralizarea elementelor insurgente/teroriste aflate în clădiri, buncăre sau vehicule, precum și a sistemelor destinate pentru pătrunderea în obiective prin crearea de breșe în ziduri sau uși.

Armele termobarice reprezintă unul dintre sistemele balistice evaluate, caracteristica specifică a acestor tipuri de arme fiind reprezentată de formarea unui nor exploziv, a propagării undei de șoc în diferite medii și producerea unui impuls termic ridicat, deosebit de eficient, pe un volum și durată mare de acțiune.

Sistemele prezentate pentru crearea de breșe utilizează cumulația, pentru a concentra efectul exploziv asupra unor elemente de construcție, sunt concepute cu ecrane de protecție lichide cu scopul de a minimiza efectul exploziei în proximitatea acestora. Astfel sunt prezentate modelări și experimente referitoare la explozia în apă, formarea și propagarea undelor de șoc subacvatice. Parametrii cei mai importanți determinați care definesc fenomenul sunt suprapresiunea în frontul undei, impulsul fazei pozitive, viteza undei și viteza particulelor materiale. Analiza comportamentului și particularităților mediului lichid și fenomenul fizic studiat care fundamentează propagarea undelor de șoc printr-un mediu bifazic a constat în studiul mărimilor ce caracterizează dispersia undelor datorită reflexiei și refracției provocate de prezența și oscilațiile bulelor din lichid.

Atenuarea undelor de șoc în apă și determinarea valorilor presiunii undei sferice s-a efectuat pe baza ecuațiilor din mecanica fluidelor utilizând programe de simulare, considerând apa că este un mediu compresibil și că în momentul creșterii presiunii într-o anumită regiune se formează și se transmite în lichid o undă de perturbație care, la o anumită distanță, are valoare finită, implicând mișcarea locală a apei și scăderea presiunii acesteia.

În secțiunea a doua (B.2) se prezintă planuri de evoluție și dezvoltare a carierei profesionale, științifice și academice, cuprinzând direcțiile de cercetare vizate precum și moduri probabile de acțiune pentru punerea în practică a acestora.

Autorul continuă cercetările pe principalele direcții amintite mai sus, respectiv, în cadrul proiectului "Dezvoltarea unui sistem inovativ integrat pentru servicii de expertiza criminalistica", se urmărește transferul de know-how și expertiză către partenerul economic, din domeniul tehnico-ingineresc al balisticii către dezvoltarea de noi metode de investigație în domeniul balisticii judiciare.

În cadrul direcției de cercetare în domeniul motoarelor rachetă, autorul dorește dezvoltarea unor noi motoare rachetă cu combustibil hibrid, urmărind modelarea, testarea și evaluarea unui demonstrator în cadrul proiectului "Research, design, development and bench testing of a hybrid reactive propulsion system for space launcher applications area, with innovative inhomogeneous fuel and adaptive electrical control of parameters".

Cercetările privind sistemele explozive aerodisperse vor fi continuate prin dezvoltarea unor noi configurații și compoziții termobarice care să permită proiectarea unor muniții de calibru mare cât și cu performanțe sporite, prin utilizarea unor soluții cu caracter de noutate pe plan național și internațional.

Secțiunea a treia B3 prezintă referințe bibliografice cu privire la materialul prezentat.

## SUMMARY

„Modeling, testing and evaluation of energetic materials integrated in ballistic systems” habilitation thesis presents the main results obtained in theoretical, experimental and applied research by the author, after the title of doctor in mechanical engineering, with the thesis “Contributions to the study of the performances of small caliber ballistic systems, with database management systems and expert systems”, obtained in 2005, at Military Technical Academy.

The habilitation thesis is structured in two parts: A. Summary and B. “Scientific and professional results”, the last being divided in three sections. First part, named academic, scientific and professional results presents, in the first chapter, the scientific activity, research, teaching activity and the management experience of the author. Chapter 2, 3 and 4 presents the main research domains in the work of the author.

In the first chapter, the main professional achievements are presented, mentioning the most notable research projects and publications in ISI journals, domain dedicated journals and conferences. The presentation objectifies the originality and relevance of the professional, scientific and academic contributions, aspects regarding the contributions made in development of study programs, didactic activity and activities regarding the visibility and the impact of the scientific research, at national and international, at the institutions for managing the scientific research in NATO-STO (Science and Technology Organization) and at European Defense Agency.

The first research direction presents the main results obtain in the domain of integrated armament systems, focused on the systemic approach of the weapon-ammunition-propellant charge assembly and terminal ballistics, which represents the sequel of the Ph.D. thesis.

For an integrated approach of the armament system, testing and evaluation methods are presented and also the results obtain by conducting research projects, consisting in specialized laboratories and implemented procedures in Military Technical Academy. In important step obtained by running the research projects consists in the design and development of an innovative test stand that comprises a special weapon, adapted to facilitate the evaluation of internal ballistic parameters and its operation in real firing regime, in order to determine the performance and safety characteristics of the ammunition-weapon system.

The processes and phenomena that take place during the operation of the ballistic system are presented in modeling and simulation and also the influence of the dynamic regime on the kinematics of the weapons and materials are presented, as a result of the energy output after energetic materials combustion, which is transmitted to the system. This energy and the resulting

forces influence the interior and exterior ballistics and also the terminal ballistics, resulting in a great variety of deformation and material response to the dynamical loadings, which are demonstrated by dynamic regime testing and real firing, in accordance with NATO test standards.

The second research direction is focused on the study of the rocket propellants. The author presents solutions for obtaining and characterizing, from a performance and safety point of view, a new class of energetic materials, designed for developing reactive propulsion systems. The research results and the materials obtained during the conducted research will be implemented in “dual-use” systems, with the intention to obtain rocket motors for newly designed military products, for those that are in the endowment of the Romanian Army and whose rocket motors are obsolete or are approaching the exhaustion of their resource. The products obtain are also oriented towards civilian applications, like anti-hail rockets, space vehicles boosters or meteorological probes launchers.

The optimization of the rocket motors has been obtained by utilizing complex computer assisted simulations, test-bench firings of rocket motors and experimental methods for determination of the ballistic and mechanic properties, like traction, tear resistance of rocket fuels, hardness, elastic modulus, total impetus of the motor and the specific impetus of the rocket fuels. Obtaining of these characteristics have been made with regard to the fuel utilized and other components present in the recipe and also with regard to the complex phenomena that occur at elevated temperatures, like combustion regime, combustion front propagation, the stability/instability of the combustion front, the geometrical variation of the burning surface, loadings and deformations in the solid propellant.

The third direction, entitled “Modeling, testing and evaluation of non conventional explosive systems” presents the conducted research activity for validation of some special application systems, destined for counter terrorist actions and for protection against explosion effects. For this purpose, experimental results and models are presented, resulted from modeling and testing of aero dispersed explosive systems, with application in neutralization of insurgent/terrorist elements covered in buildings, bunkers or vehicles. Systems for entering into objectives (buildings) by breaching trough walls and door are also presented.

Thermobaric weapons are one of the evaluated systems. The particularity of this type of weapon is in relation with the effect of forming an explosive cloud, resulting in the propagation of the shock wave in different media and an elevated thermal output, highly efficient in a large volume and for a great duration.

The systems destined to breach walls and doors use shaped charges to focus the explosive effect upon construction elements and presents also liquid protection screens, for minimizing the

collateral effects in the proximity of the explosion. Modeling and experimental results are presented, regarding underwater explosion and forming and propagation of underwater shock-waves. The most important parameters that characterize the phenomenon are the overpressure in the shock front, the impetus of the positive phase, particle velocity and the velocity of the shock front. The analysis of the particularity and the response of the liquid media and the physics of the phenomena that generates the propagation of the shock waves through biphasic media consisted in the study of the parameters that characterize the dispersion of the shock wave through reflection and refraction, caused by the presence and the oscillation of the air bubbles in liquid.

.The attenuation of the shock wave in water and determination of the overpressure of a spherical shock wave were determined based on fluid mechanics and using simulation programs, considering water as a compressible media and that in the moment of pressure rising in a particular region, a perturbation is born and transmitted, which, at a specific distance, has a finite value, causing local particle movement and a drop of static pressure.

In the second sections (B.2) are presented prospects for evolution and development of professional, scientific and academic career, including the research directions envisaged and probable approach for development of the specified directions.

The author continues the research directions mentioned before, respectively, within the project “Development of an innovative, integrated system for forensic expertise services” the author aims to make a technological transfer of expertise and know-how from the domain of engineering ballistics to the domain of forensic ballistics, in order to develop, together with an industrial partner, new trans-disciplinary methods of investigation.

Within the research direction regarding rocket motors, the author intends to develop some new types of rocket motors with hybrid fuel. The aim is to model, develop, test and evaluate a demonstrator, within the project ”Research, design, development and bench testing of a hybrid reactive propulsion system for space launcher applications area, with innovative inhomogeneous fuel and adaptive electrical control of parameters”.

Research in the domain of air dispersed explosive systems will be continued by developing of some new configurations and compositions for thermobaric systems, which will facilitate the design of high performance, large caliber ammunitions, by utilizing some novel solutions, at national and international level.

Section B3 presents the bibliographic references used in the habilitation thesis.